이진 프린트 영상에 적용하는 디지털 워터마킹의 성능 개선

김현주[†] · 곽내정[††] · 권혁봉[†††] · 안재형[††††]

요 약

디지털 워터마킹은 데이터 내부에 지각적으로 인식되지 않는 신호를 삽입하여 저작권을 보호하기 위한 방법으로 압축, 기하학적 변환, 크기변환 등의 공격도 영상 데이터가 견고한 특성을 나타낼 수 있는 방법을 중심으로 연구되어 왔으나 프린트 영상에 대하여 저작권을 보호하는 연구는 그다지 활발하지 않았다. 본 논문에서는 이진 프린트 영상에 워터마크를 삽입하는 새로운 방법을 제안한다.

제안방법은 영상을 디더링 한 후 16×16 크기의 블록에서 1(백화소)의 개수를 카운팅하고 카운팅 배열을 2×2 블록씩 나누어 워터마크 값에 따라 다르게 정의된 기준 블록 패턴과 비교함으로 워터마크를 삽입한다. 워터마크 정보는 '1'과 '0'의 두 가지를 사용하여 동일한 워터마크 비트로 더 많은 정보를 표현할 수 있다. 워터마크 검출은 워터마크가 삽입된 영상과 기준 블록 패턴을 이용해 워터마크 정보를 재구성하고, 재구성된 워터마크와 디더 영상에 삽입된 원본의 워터마크 정보와 비교함으로 가능하다. 성능평가는 워터마크 삽입영상을 프린트 한 후 스캔하여 기존의 방법과 검출 성능을 비교하였다.

An Improved Method of Digital Watermarking Applied to Binary Printed Images

Hyoun-Ju Kim[†], Nae-Joung Kwak[††], Heak-Bong Kwon[†††]
and Jae-Hyeong Ahn[††††]

ABSTRACT

Digital watermarking is a copyright protection technique for digital images which embed a code into the digital data so the data is marked. Watermarking techniques previously deal with on-line digital data and have been developed to withstand digital attacks such image processing, compression and geometric transformations. In this paper we propose a novel method of embedding watermarks in printed images.

In the proposed algorithm, watermark is embedded in a dithered binary image by comparing the 2×2 blocks of the counting array is the number of 1(WHITE) in the 16×16 blocks of the dithered binary image with predefined reference block pattern, which is generated by watermark values. The proposed algorithm is able to provide more information at a watermark because the proposed algorithm use both '1' and '0' as watermark values. The watermark information is detected by comparing the watermark which is reconstructed from the image which is embedded watermark with the original watermark which is embedded in a binary image. The performance of the proposed algorithm is compared with that of the conventional watermark embedding algorithm for printed images by detecting watermark for scan images.

[†] 준회원, 충북대학교 정보통신공학과 석사과정
[††] 충북대학교 정보통신공학과 박사과정
[†††] 김포대학 전자정보 계열 정보통신전공 조교수
[††††] 정회원, 충북대학교 전지 전자 및 컴퓨터 공학부 교수

1. 서 론

최근 인터넷 기술의 발달과 사용 증가로 인해 다양하고 새로운 디지털 데이터가 급격하게 증가하게 되었다. 이에 따라 영상, 음성, 동영상 같은멀티미디어 디지털 데이터의 저작권 보호(copy-right protection) 문제가 심각하게 대두되면서, 이 문제를 보완하는 방법으로 제시된 것이 디지털 워터마킹(digital watermarking)이다. 디지털 워터마킹은 데이터 내부에 지각적으로 거의 인식되지 않는 신호를 삽입하여 저작권을 보호하는 방법[1-5]으로 워터마크 신호는 일종의 신원확인 코드(identification code)라 할 수 있다. 그런데 대부분의 디지털 워터마킹은 온라인상의 데이터를 위한 것이고 프린트 데이터에 대한 연구는 극히 적다. 프린트 데이터에 대한 디지털 워터마킹은 영상 데이터의 저작권 문제뿐만 아니라 어음이나 은행 수표같은 프린트물의 위조를 예방하고, 비밀 문서 등과 같은 프린트물을 찾아내어 확인하는 일에 중요하게 사용될 수 있다[5].

일반적으로 영상을 프린트 할 때, 영상데이터가 표현할 수 있는 칼라수를 제한적으로 표현하는 프린터 장비의 제약 때문에 디더링 기법을 이용한다[6-11]. 만약 워터마크가 삽입된 영상을 프린트 한다면 디더링 기법을 적용함으로 원영상의 칼라정보와 함께 워터마크 정보까지도 감소되어, 워터마크 신호의 검출이 어려워진다. 따라서 영상 데이터의 출력물에 대해 저작권을 보호하기 위한 방법이 필요하다. 온라인상에서의 영상 데이터에 대한 디지털 워터마킹의 경우는 압축, 기하학적 변환, 크기변환 등의 공격에 견고할 수 있는 방법을 중심으로 연구되어왔다. 그러나 프린트 영상의 디지털 워터마킹인 경우에는 디더링, 프린팅, 스캐닝, 복사 등에 견고할 수 있어야 한다.

그동안 프린트 영상에 대하여 저작권을 보호하는 연구는 그다지 활발하지 않았다. 최근에는 디더링이 수행된 화상은 원래의 화상보다 많은 잡음을 가지게 되며, 많은 잡음을 지닌 디더링에 의한 화상은 디지털 워터마크 관점에서 기밀 정보의 은닉에 적합하다는 성질을 이용하여 디더링 기법을 중심으로 워터마크 삽입에 관한 연구가 진행되고 있다. 지금까지 연구된 디더링 영상에 대한 디지털 워터마킹은 디더링 임계치 패턴을 이용하여 워터마크 신호를 삽입하는 방법[12], 삽입할 워터마크 신호화 비슷한 양자화 잡음을 이용하는 방법[13][14]과 다치 디더링(multi-level dithering)을 이용하여 영상을 디더링하면서 워터마크를 삽입하는 방법[13]이 있다. 이러한 논문들 중 [13], [14]는 온라인상의 데이터를 위한 것이고, Hagit에 의해 연구된 [12]가 이진 프린트 영상을 위한 것이다.

Hagit는 한 영상에 두가지의 디더링 패턴을 적용하여 워터마크를 삽입하는 방법을 제안하였다[12]. Hagit의 방법은 워터마크 삽입은 간단하지만 디더 패턴의 선택이 잘못될 경우 워터마크의 검출이 어려워질 수 있다. 따라서 디더 패턴의 선택에 신중해야 하며 워터마크 값을 디더 패턴이 표현하므로 영상에 삽입되는 정보의 양이 제한될 수 있다. 본 논문에서는 이러한 점을 개선하여 프린트하기 위한 이진 영상에 대하여 디지털 워터마크를 삽입하는 새로운 방법에 대하여 제안한다.

제안방법은 영상을 디더링 한 후 일정한 블록의 크기로 나누어 워터마크의 '1/0'값에 따라 다르게 정의된 기준 블록 패턴과 비교함으로 워터마크를 삽입하고 워터마크를 검출하여 검출율을 높였다. 또한 삽입되는 워터마크를 '1'과 '0' 두가지로 하여 동일한 비트의 워터마크를 삽입할 경우에 더 많은 정보를 표현 할 수 있도록 하였다.

본 논문은 다음과 같은 구성으로 되어 있다. 2장은 제안한 방식으로 디더링 영상에 워터마크를 삽입하고 검출하는 과정을 설명하고, 3장에서는 시뮬레이션 결과를 비교하고 분석한다. 그리고, 4장에서는 이 논문에 대한 결론을 내린다.

2. 이진 프린트 영상의 디지털 워터마킹

본 논문에서는 프린트할 영상에 워터마크를 삽입하는 방법을 제안한다. 먼저 영상을 디더링하고 워터마크를 삽입한다. 그림 1은 영상을 디더링하여 워터마크를 삽입하는 과정을 보인다.

2.1 디더링

먼저 프린트하고자 하는 영상을 디더링한다. 디더링은 CRT 디스플레이, 플라즈마 디스플레이 등의 표시장치뿐만 아니라 레이저 프린터, 잉크제트 프린터 등의 장치에서 원영상의 칼라수보다 더 적은 수로 최대한 원영상에 가깝게 표현할 수 있는 기법이다

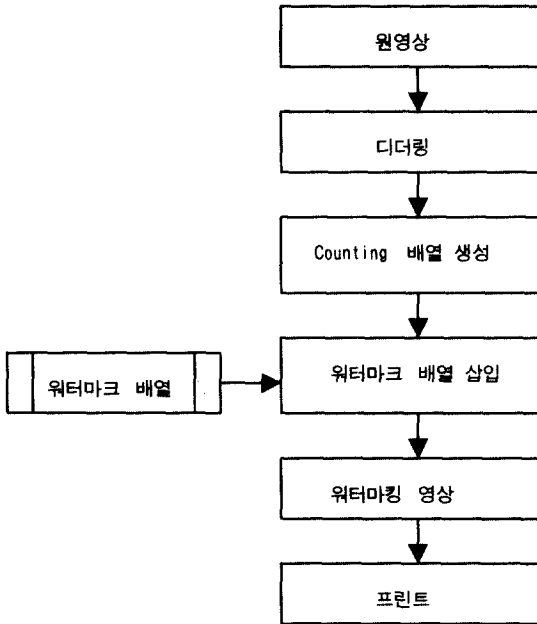



그림 1. 이진 프린트 영상의 워터마크 삽입 알고리즘

[6-11]. 이러한 디더링에 대하여 다양한 디더링 알고리즘이 제안되어 이용되는데, 임계값 처리, random 디더법, 농도 패턴 디더법, 조직적 디더법, error diffusion 등이 있다[6-8]. 본 논문에서는 오더드 디더 방법을 사용한다.

오더드 디더링은 원래의 영상을 임계값 배열인 디더 매트릭스(dithering matrix)와 영상의 화소 값을 반복적으로 비교해서 이진 영상을 생성하는 방법으로 처리 속도와 화질을 동시에 고려할 때 적절한 성능을 보여준다[8]. 오더드 디더법을 이용한 변환을 간단하게 나타내면 식 (1)과 같다. 여기에서 U(x,y)는 입력 화소값, V(x,y)는 출력 화소값, 그리고 T(i,j)는 주어진 화소에서의 임계값을 의미한다. 출력 화소값 '0'은 흑화소, '1'은 백화소를 나타낸다.

$$V(x,y)=\begin{cases} 0, & U(x,y) < T(i,j) \\ 1, & U(x,y) \geq T(i,j) \end{cases} \quad (1)$$

$$x=0,\cdots,M-1$$
$$y=0,\cdots,N-1$$
$$i=\bmod_L(x)$$
$$j=\bmod_L(y)$$

오더드 디더링은 디더 패턴이 반복되는 단점을 가지고 있으며, Bayer에 의해 연구된 Bayer-5라 불리는 디더 매트릭스가 주로 사용되어 왔다. 본 논문에서는 Bayer-5[6,10]보다 디더 패턴이 덜 눈에 띄는 Hagit 논문[12]에서 사용된 디더 매트릭스를 사용하였다. 본 논문에 적용한 디더 매트릭스는 그림 2와 같다.

51	27	6	46	59	12	54	7
16	63	40	23	0	42	24	33
2	34	11	49	31	15	61	47
55	26	53	17	57	38	5	21
10	43	4	41	8	28	52	39
60	20	29	62	22	44	13	32
1	48	36	9	50	3	58	25
36	14	56	18	30	37	19	45

그림 2. 디더 매트릭스

2.2 워터마크 삽입

우선 이진 디더링 영상을 K×K 블록 단위로 분할한 뒤 각 블록의 1(백화소)의 수를 카운트하여 카운팅 배열을 생성한다. 생성된 카운팅 배열은 워터마크 배열과 비교하고, 워터마크 배열의 값인 '1', '0', 미삽입 부분에 따라 카운팅 배열의 값을 일정한 패턴으로 변환시킨다. 미삽입 부분이란 워터마크 신호인 1과 0이 들어가지 않는 부분을 말한다. 변환된 카운팅 배열에 의해 디더 영상의 값을 변환시킴으로 워터마크가 삽입된다. 카운팅 배열은 K×K 블록내 1(백화소)의 개수를 배열 값으로 갖고, 카운팅 배열 2×2 블록이 워터마크 배열 하나의 값을 표현한다.

먼저 오더드 디더법으로 이진화된 영상 데이터는 K×K 블록으로 묶어 1(백화소)의 개수를 카운트한다. 이때 1의 값을 카운트하는 블록의 크기를 4×4, 8×8, 16×16, 32×32,...로 정할 수 있다. 이때 4×4 크기 블록으로 하면 워터마크 삽입영상의 화질이 떨어지고, 16×16 이상 크기의 블록의 경우는 카운팅 블록이 커지므로 워터마크 수가 상대적으로 감소되어 워터마크 검출이 어려워진다. 8×8 크기의 블록은 워터마크 화질이나 워터마크 검출에 가장 적절하므

로 카운팅 배열 생성시 1의 개수를 카운팅하는 기본 블록 크기로 한다. 8×8 블록을 1(백화소)의 개수를 카운팅하는 기본 블록으로 할 경우, 256×256 크기의 이진 영상은 32×32의 카운팅 배열이, 512×512 영상에서는 64×64의 카운팅 배열이 만들어진다.

워터마크 배열은 '1'과 '0'값과 미삽입 부분으로 이루어진다. 이 워터마크 배열이 영상의 일정부분에 불규칙하게 삽입된다. 그림 3(a)와 그림 3(b)는 워터마크 값이 '1'과 '0'일 때의 카운팅 블록 패턴으로 워터마크 값이 '1'이면 2×2 카운팅 블록을 그림 3(a)가 되도록, '0'이면 그림 3(b)가 되도록 변환한다. 카운팅 블록은 8×8 블록의 백화소의 수이므로 카운팅 블록의 값이 변한다는 것은 8×8 블록의 백화소의 수가 달라짐을 의미한다. 따라서 변환된 카운팅 블록의 값에 따라 이진 영상 데이터의 해당 영역의 백화소를 하나 늘리거나 줄임으로 워터마크가 삽입된다. 또한 워터마크가 삽입되지 않은 영역에서도 '1' 또는 '0'의 값을 갖는 카운팅 블록 패턴이 존재할 수 있으므로 카운팅 블록을 그림 3(c)의 블록 패턴과 같도록 변환해서 워터마크가 삽입된 영역과 삽입되지 않은 영역을 구별한다. 이때 ×는 값에 관계없음을 의미한다.

워터마크 배열은 4×4나 8×8인 경우는 워터마크 개수가 너무 적어 검출하여 성능평가를 할 때 판정이 용이하지 않고, 32×32 이상이 되면 워터마크를 삽입할 영상의 크기가 512×512 이상이어야 한다. 16×16 워터마크 배열은 영상의 크기가 256×256 이상이어야 한다는 제한을 받게 되지만, 충분한 수의 워터마크 개수를 검출하여 성능평가가 용이하므로 본 논문에서는 워터마크 배열의 크기를 16×16으로 하였다.

짝수화	짝수화
홀수화	홀수화

(a) '1'의 패턴

짝수화	홀수화
홀수화	짝수화

(b) '0'의 패턴

x	x
짝수화	x

(c) 미삽입 패턴

그림 3. 기본 카운팅 블록 패턴

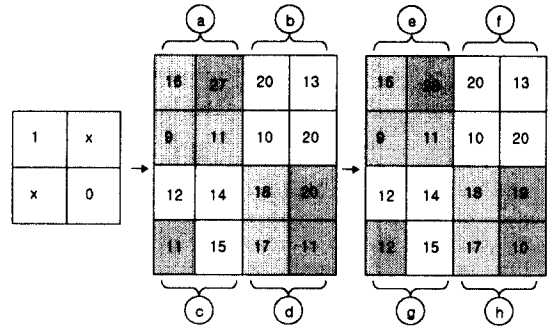
그림 4는 워터마크 삽입을 예로 보인다. 그림 4(a)에서 워터마크 배열이 1인 경우, 그림 4(b) ⓐ의 2×2 블록이 그림 3(a)의 '1'의 카운팅 블록의 패턴에 맞는지 비교하여 일치하지 않는 부분을 그림 3(a)의 패턴으로 변환한다. 그림 4(b)ⓐ의 1행 2열이 짝수가 아닌 홀수이므로 이를 짝수화시켜 준다. 또, 그림 4(a)의 2행 2열의 워터마크가 0일 때, 0값에 해당하는 그림 4(b)의 ⓓ의 카운팅 배열의 2×2 블록의 모양이 그림 3(b)의 '0'의 카운팅 블록 패턴과 같도록 변환한다. 이때 2×2 카운팅 블록 중 1행 2열이 홀수가 아니고, 2행 2열이 짝수 가 아니므로 그림 4(c)처럼 변화시킨다.

(a) 워터마크 배열 (b) 카운팅배열(수정전) (c) 카운팅배열(수정후)

그림 4. 워터마크 삽입예

그림 4(a)의 1행 2열과 2행 1열의 '×'는 워터마크 값이 삽입되지 않는 경우이다. 하지만 그림 4(b)의 ⓒ인 경우 워터마크 값이 '1'인 경우의 기본 카운팅 패턴과 같은 모양을 하고 있다. 그러므로 이와 구별되도록 그림 3(c)의 패턴처럼 그림 4(b)의 ⓒ를 변화시킨다. 그림 4(b)에서 ⓒ의 2행 1열이 홀수 이므로 짝수로 변환한다. 그림 4(b)에서 ⓑ는 2행 1열이 짝수이므로 변화되지 않아도 '×'임을 표현할 수 있다. 그림 4(c)는 수정한 후에 생성된 카운팅 배열이다. 수정된 카운팅 배열에 따라 이진 디더 영상내 1(백화소)와 0(흑화소)의 값을 서로 바꾸어 디더 영상의 화소값을 변환시켜 준다. 디더 영상의 화소값이 변하면서 워터마크가 삽입되었다.

2.3 워터마크 검출

워터마크 검출을 위해서는 우선 워터마크가 삽입된 영상을 이용하여 카운팅 배열을 생성하고, 생성된 카운팅 배열로 워터마크 배열을 만든다. 이때의 워터마크 배열은 1, 0, 미삽입 부분으로 이루어진다. 생성된 워터마크 배열은 디더링 영상에 삽입된 원래의 워터마크 배열과 비교하여 맞는지를 확인한다. 그림 5는 워터마크를 검출하는 과정을 간단하게 보여준다.

카운팅 배열은 워터마크가 삽입된 이진 워터마킹 영상을 8×8 블록의 크기로 읽어들여 1(백화소)의 개수를 카운트하여 만든다. 생성된 카운팅 배열을 기본으로 2×2 블록씩 증가해가며 그림 3의 기본 카운팅 블록 패턴에 일치하는 값을 찾아 워터마크 배열에

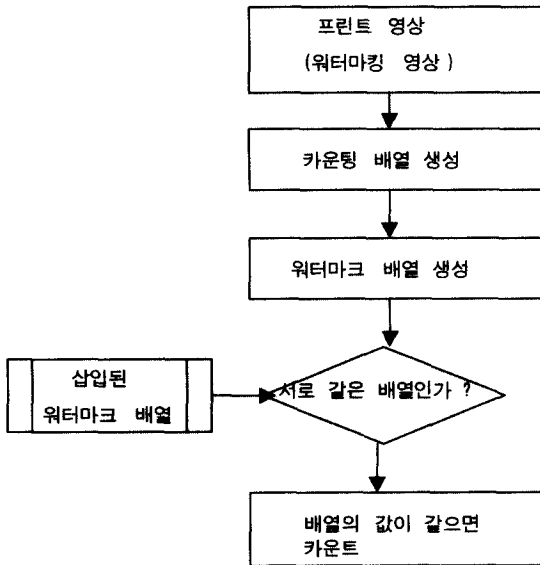



그림 5. 프린트 영상에서의 워터마크 검출

써준다. 그림 6은 이진 워터마킹 영상에서 워터마크 배열을 생성하는 과정을 보여준다. 왼쪽은 이진 워터마킹 영상의 값이고, 가운데는 생성된 카운팅 배열, 오른쪽은 워터마크 배열이다. 이진 워터마킹 영상에서 1(백화소)의 개수를 카운트 하여 가운데의 카운팅 배열을 생성한다. 생성된 카운팅 배열에서 2×2 블록씩 잘라내어 그림 3의 기본 카운팅 블록 패턴과 비교한다. 비교하여 그림 3(a)의 1의 패턴이면 '1'값을, (b)의 0의 패턴의 형태이면 '0'값을, 그리고 (a)와 (b)의 패턴과 맞지 않으면 미삽입 ×를 생성한다. 이렇게 생성된 워터마크 배열을 이미 삽입했던 워터마크 배열과 비교하여 두 워터마크 배열이 일치하는 개수를 카운트하여 워터마크의 삽입여부를 판단한다.

3. 시뮬레이션 및 결과 분석

시뮬레이션은 펜티엄-3에서 win98 운영체제를 사용하였고 워터마크가 삽입된 영상을 HP사의 LaserJet 2100 프린터에서 300 dpi로 프린트하여 HP사의 ScanJet5p로 300 dpi에서 스캔했다. 복사기는 신도리코사의 NT 4060을 사용하였다. 256×256 영상 데이터는 airplane, bridge, girl을 사용하였고, 512×512 영상 데이터로는 lena, barbara를 시뮬레이션하였다.

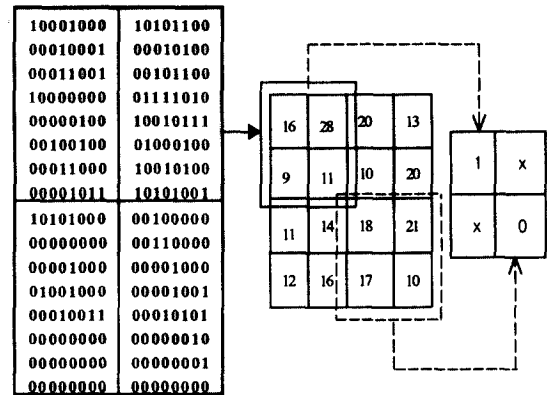



그림 6. 워터마크 검출을 위한 워터마크 배열의 생성

그림 7은 시뮬레이션 영상 중 256×256 영상인 bridge 영상과 그 디더 영상이다. 그림 7의 (a)는 Hagit 방법과 제안방법을 적용한 bridge 영상 데이터의 원영상이고, (b)는 워터마크를 삽입하지 않고 디더링만 된 상태의 이진 디더링 영상이다. 그림 7의 (b)에서처럼 디더링 영상에는 (a)의 원영상에 비해 훨씬 많은 잡음이 포함되어 있어 워터마크 측면에서 보았을 때 정보를 은닉하기에 적합하다.

그림 8은 bridge 영상에서 Hagit 방법과 제안방법을 단계별로 적용한 결과 영상이다. 그림 8의 (a)는 Hagit 방법을 적용하여 워터마크를 삽입한 영상이고, (b)는 (a)의 워터마크가 삽입된 영상을 프린트하여 스캔한 영상이다. 그림 8의 (c)는 제안방법을 이용해서 워터마크를 삽입한 영상이고, (d)는 (c)를 프린트하여 스캔한 결과 영상이다. 그림 8의 (a) 와 (c)의 워터마크가 삽입된 영상을 그림 7(b)의 워터마크 삽입되지 않은 미삽입 영상과 비교하면 워터마크가 삽입된 곳을 시각적으로 거의 인식할 수 없음을 알 수 있다.

또, 그림 8에서 Hagit 방법을 적용한 결과 영상인 (a), (b)와 제안방법을 적용한 결과 영상인 (c), (d)를 비교하였을때, 화질면에서 크게 차이가 없다. 따라

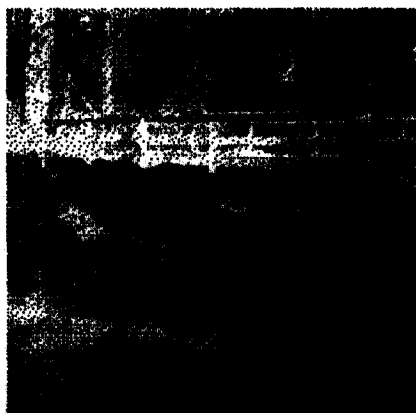
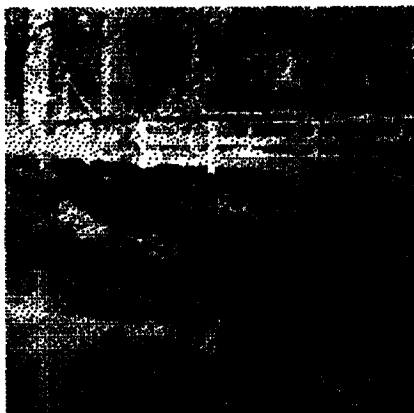
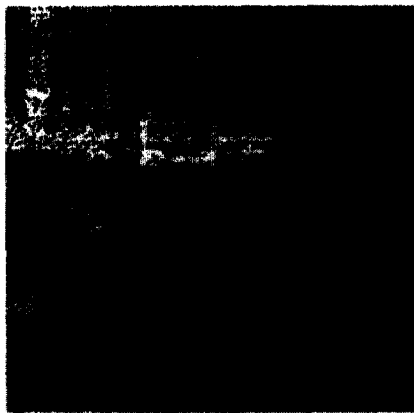
(a) 시뮬레이션 데이터의 원영상

(b) 워터마크 미삽입 이진 영상

그림 7. Bridge 원영상과 디더링 영상

(a) Hagit 방법을 적용한 워터마크 삽입영상

(b) (a)의 스캔영상

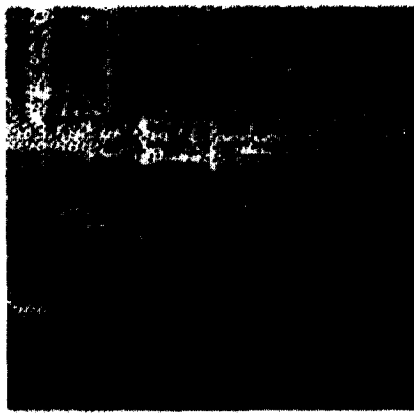
(c) 제안방법을 적용한 워터마크 삽입영상

(d) (c)의 스캔 영상

그림 8. Bridge 영상에 Hagit 방법과 제안 방법으로 워터마크를 삽입한 결과 영상

서 Hagit 방법과 제안방법을 적용한 결과 영상을 비교하였을 때 화질면에서 열화되지 않았음을 알 수 있다.

성능 평가는 기존의 Hagit 방법과 제안방법을 적용한 결과 영상에서의 워터마크 검출 결과와 삽입한 워터마크로 표현할 수 있는 정보량을 비교한다.

3.1 워터마크 블록의 검출율에 대한 분석

이진 프린트 영상에서 직접 워터마크를 검출할 수는 없다. 삽입된 워터마크를 검출하기 위해서는 프린트 영상을 스캔하여 생성된 영상을 대상으로 한다. 만약 프린터와 스캐너가 이상적인 경우라면 생성된 워터마크의 배열이 삽입된 워터마크 배열과 동일하게 검출된다. 그러나, 스캔영상에 삽입된 워터마크 정보는 프린트시 왜곡되고 프린트된 영상을 스캔할 때도 에러가 발생한다. 따라서 스캔영상에서 100% 워터마크 검출이 불가능하므로 적절한 임계값을 두어 워터마크 정보의 유효성을 결정한다.

표 1은 삽입한 워터마크 배열의 검출 결과를 비교하여 나타낸 것이다. 이진 스캔 영상에서 생성된 워터마크 배열의 0, 1, 미삽입 부분이 삽입한 워터마크 배열과 일치하면 워터마크 배열이 검출되었다고 간주한다. 그러므로 검출수는 생성된 워터마크 배열과 삽입된 워터마크 배열이 일치하는 부분의 개수이다. 표에서 무잡음 검출수란 이상적인 출력 장치에서 첨가되는 잡음이 없어, 생성된 워터마크 배열과 삽입된 워터마크 배열이 100% 같게 검출된 것이다. 검출율은 삽입된 워터마크 배열에서 검출된 워터마크 배열수를 무잡음시 워터마크 검출수를 기준으로 하여 백분율로 나타낸 것이다. 식 (2)는 표에서 검출율을 구하는 식이다. 표에서 임계값으로 256×256 영상에서는 기존방법에는 190, 제안방법은 220를 적용하였고, 512×512 영상에서는 기존방법은 850, 제안방법은 980을 적용하였다.

$$검출율 = \frac{검출수}{무잡음시검출수} \times 100\ (\%) \qquad (2)$$

표 1에서 보는바와 같이 제안방법은 기존 방법보다 256×256영상에서는 7%~10%, 512×512 영상에서는 11%~13% 정도로 삽입된 워터마크 검출율이 개선되었다.

표 1. 삽입된 워터마크 검출율

실험영상 \ 방법		무잡음 검출수	Hagit 방법		제안 방법	
			검출수	검출율	검출수	검출율
256×256 영 상	airplane	256	212	83%	226	90%
	bridge		202	79%	229	89%
	girl		201	78%	228	88%
512×512 영 상	barbara	1024	877	84%	995	97%
	lena		863	86%	994	97%

표 2는 프린트 영상을 한번 복사한 후 이 복사본을 스캔한 영상에서의 워터마크 배열의 검출 수를 나타낸다. 이것은 프린트 영상을 복사한 후에도 삽입된 워터마크 배열이 검출되는지를 알아보기 위한 것이다. 표 1과 표 2를 비교하면 워터마크 검출율이 복사전과 복사후가 거의 동일하다. 따라서, 복사를 하여 스캔한 영상의 경우에도 워터마크 배열의 검출이 가능하며, 검출율에서도 역시 제안방법이 Hagit 방법보다 7%~12% 정도가 개선되었음을 알 수 있다.

표 2. 복사후 워터마크 검출율

실험영상 \ 방법		무잡음 검출수	Hagit 방법		제안 방법	
			검출수	검출율	검출수	검출율
256×256 영상	airplane	256	215	84%	233	91%
	bridge		205	80%	225	88%
	girl		200	78%	228	89%
512×512 영상	barbara	1024	870	85%	997	97%
	lena		881	86%	993	97%

그림 9는 삽입하는 워터마크 배열에서 0과 1값인 워터마크 신호의 수에 따른 워터마크 배열의 검출율에 대한 도표이다. 도표에서는 기존 Hagit 방법과 제안방법을 bridge 영상과 lena 영상에 적용한 결과를 보여준다. 그림 9를 보면, 삽입한 워터마크 신호 수가 많아짐에 따라 워터마크 배열의 검출율은 감소한다. 그러나, 전체적인 검출율이 감소하더라도 Hagit 방법과 제안방법의 워터마크 배열의 검출율의 차는 lena영상의 경우는 7~11% 정도, Bridge 영상의 경우에는 6~10% 정도이다. 따라서, 삽입하는 워터마크 신호의 수와 관계없이 제안 방법은 Hagit 방법에

그림 9. 6×1 영상에서 삽입하는 워터마크 신호 수 n=2일 때의 표현 가능한 정보

대해 워터마크 배열 검출율이 거의 일정한 정도의 개선율을 보이고 있다.

3.2 표현 정보량에 대한 분석

기존의 Hagit 방법에서는 워터마크 정보를 '1'로만 표현하였다. 하지만 제안 방법은 '1'과 '0' 모두에 워터마크 정보를 표현하므로 동일한 영상에 더 많은 정보를 삽입할 수 있다. 그림 10은 Hagit 방법과 제안 방법에서 표현할 수 있는 정보이다. 그림에서 전체 영상의 크기는 6×1이고, 삽입하는 워터마크 신호의 수는 2이다. Hagit 방법에서는 워터마크 신호가 [1 1]일 때 정보가 유효하지만, 제안 방법에서는 [0 0], [0 1], [1 1], [1,0]의 4가지 모두에서 유효한 정보로 표현된다. 표현할 수 있는 정보의 수는 Hagit 방법에 비해 제안 방법이 2^2=4 배로 증가하였다.

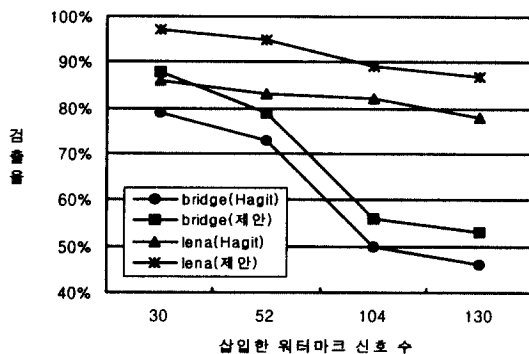



그림 10. 삽입하는 워터마크 수에 따른 Hagit 방법과 제안 방법의 검출율

표 3은 동일한 위치에 동일한 수의 워터마크 신호를 삽입했을 때 제안방법이 기존 방법에 비해 표현할 수 있는 정보의 양이 얼마나 증가하였는가를 보여주는 것이다. Hagit 방법은 삽입되는 워터마크 신호 수(n)가 늘어나도 하나의 정보만을 표현하므로 표현 가능한 정보량은 1이 된다. 제안방법은 '1'과 '0'의 조합으로 정보를 표현할 수 있으므로 2^n 의 정보를 표현할 수 있다. 따라서 삽입하는 워터마크 신호로 표현 가능한 정보는 제안방법이 2^n배, 즉 n 비트 증가한다

표 3. 삽입하는 워터마크 신호 수에 따른 표현 가능한 정보량 (단위:bits)

n	Hagit	제안방법	증가비율
1	1	$\log 2^1=1$	1
2	1	$\log 2^2=2$	2
3	1	$\log 2^3=3$	3
4	1	$\log 2^4=4$	4
n	1	$\log 2^n=n$	n

3.3 결과 분석 및 고찰

지금까지 제안 방법의 시뮬레이션 내용을 분석하였다. 성능 개선면에서 삽입한 워터마크 배열의 검출율은 6%~13% 정도가 개선되었고, 표현 가능한 정보의 양도 $\log 2^n$ = n 비트가 증가하였다 .

또, 공격에 대한 견고성을 보면, 온라인상에서의 영상 데이터에 대한 디지털 워터마킹은 압축, 기하학적 변환, 크기변환 등의 공격에 견고할 수 있어야 한다. 그러나 프린트 영상의 디지털 워터마킹인 경우에는 디더링, 프린팅, 스캐닝, 복사 등에 견고할 수 있어야 한다. 제안한 방법에서는 디더링 후에 워터마크를 삽입하므로 디더링에 의한 워터마크 신호의 손실은 일어나지 않는다. 프린팅, 스캐닝의 경우에는 프린터나 스캐너 자체의 잡음이 많이 첨가되었으나 이는 적절한 임계치를 두어 유효성을 확인하는 방법을 사용하였다. 또한 복사에 대해서는 복사기의 자체 잡음이 극히 적어 복사후의 영상에서도 커다란 차이 없이 워터마크를 검출할 수 있었다.

4. 결 론

이진 프린트 영상 데이터의 디지털 워터마킹은 저작권을 보호하기 위한 것이다. 워터마크 신호를 삽입

한 영상 데이터의 원본은 소유자가 보관하고 복사본이 배포된다. 만약, 영상 데이터의 복사본이 불법적으로 사용되거나 저작권 분쟁이 발생되었을 때, 유포된 복사본에서 워터마크 배열을 검출하여 저작권의 합법성을 증명할 수 있다.

본 논문은 디더링을 이용하여 이진 프린트 영상에 화질을 저하시키지 않고 워터마크를 삽입하는 새로운 방법을 제안했다. 디더링이 수행된 영상은 원래의 화상보다 많은 잡음을 가지게 되며, 많은 잡음을 지닌 디더링에 의한 영상은 디지털 워터마킹 관점에서 기밀 정보의 은닉에 적합하다는 점을 이용한 것이다.

제안한 방법은 원영상을 오더드 디더링 기법으로 이진 영상으로 만든후 여기에서 1(백화소)의 개수를 카운트 하여 카운팅 배열을 생성한다. 카운팅 배열 값을 워터마크 배열값 1과 0, 미삽입 부분에 따라 각각 다른 기본 카운팅 블록 패턴과 비교하고 같은 패턴이 되도록 변환하는 방식으로 워터마크 배열을 삽입하였다. 그 결과를 평가하기 위해서 프린트 영상을 스캔하여 디지털 영상으로 바꾸어 이 스캔 영상에서 워터마크 배열을 검출하고, 스캔 영상에 대한 복사본을 재스캔하여 기존 방식과 비교하여 성능을 평가하였다.

Hagit는 디더 패턴을 워터마크 정보로 이용하여 디더 패턴의 선택에 의해 워터마크 검출여부가 의존적인 워터마크 배열 삽입 방법을 사용하였다. 그러나 제안 방법에서는 먼저 디더링을 하고 워터마크 배열을 삽입하는 방법으로, 디더 패턴에 영향받지 않고 워터마크 배열을 삽입하고 검출 할 수 있도록 했다. 또한, 워터마크 정보를 '1'로만 삽입하는 기존 방법에서 워터마크 정보를 '1'과 '0'으로 결정하여 삽입하였다. 이러한 방법으로 영상에 동일한 워터마크 신호수(n)를 삽입할 경우 기존의 방법보다 2^n배로 제안 방법의 표현 정보의 수가 증가함을 보였다. 또한 시뮬레이션 결과, 제안방법은 화질은 열화되지 않으면서 검출 성능은 6%~13% 정도가 개선되었다.

제안한 디지털 워터마킹 방법은 디더 패턴을 갖는 이진 영상의 프린트물에 대해서만 적용되었으나, 워터마크 배열의 삽입시 적용하는 기본 패턴의 변환으로 다계조 디더링 영상과 칼라 영상에도 적용이 가능할 것으로 기대된다. 또한 이진 프린트 영상에 대해 프린터나 스캐너 잡음에 좀더 강한 디지털 워터마킹에 대한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] S.Ceaver et al., "Can invisible watermarks resolve eightful ownership?," *Proceedings of SPIE*, vol.3022, pp. 310-321, 1997.

[2] I.J.Cox, J.Kilian, F.T.Leighton, and T. Shamoon, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol.6, pp. 1673-1687, 1997.

[3] I.J.Cox, J.Kilian, F.T.Leighton, and T. Shamoon, "Secure, robust watermark for multimedia," *Workshop on Information Hiding, Newton Institute*, Univ. of Cambridge, 1996.

[4] I.J.Cox, J.Kilian, F.T.Leighton, and T. Shamoon, "Secure spread spectrum watermarking for images, audio and video," *IEEE Proc. 1996 International Conference on Image Processing (ICIP'96)*, vol.III, pp. 243- 246, 1997.

[5] S.Katzenbeisser, F.A.P.Petitcolas, *Infor -mation hiding techniques for steganography and digital watermarking*, Artech House,Inc., Boston · London, 2000.

[6] R. Ulichney, *Digital Halftoning*, M.I.T. Ph.D. Thesis, 1986

[7] R. Ulichney, "Dithering with Blue Noise," *Proceedings of the IEEE*, vol. 76, no. 1, pp. 56-79 jan 1988.

[8] R. Crane, *A simplified approach to image processing*, Prentice Hall PTR, 1997.

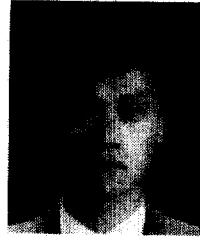
[9] J.F.Javis, C.N.Judice, and W.H.Ninke, "A survey of techniques for the display of continuous-tone pictures on bilevel displays," *Compiter Graphics and Image Processing*, vol. 5, pp. 13-40, 1976.

[10] Thrasyvoulos N. Pappas, David L. Neuhoff, "Printer Models and Error Diffusion," *IEEE Trans.Inmage Processing*, vol.4, No.1, pp. 66-80, 1995

[11] J.F.Javis, and C.S. Roberts, "A new technique for displaying continuous-tone images on a bilevel display," *IEEE Tran. on Commun.*, vol.COM-24, pp. 891-898, 1976.

[12] Hagit Z. Hel-Or, "Copyright labeling of printed images," *IEEE International Conference on Image Processing*, vol.3, pp. 702-705, 2000
[13] K.Tanaka, Y.Nakamura, and K.Matusi, "Embedding secret information into a dithered multi-level image," *IEEE Military Communi-cations Conferrnce*, pp.216-220, 1990 .
[14] Gwo-Jong Yu et al., "Mean Quantization Blind Watermarking for Image Authentication," *IEEE International Conference on Image Processing*, vol.3, pp. 706-709, 2000.

김 현 주
1993년 충북대학교 정보통신공학과(학사)
1996~현재 : 충북대학교 정보통신공학과 석사 과정
관심분야 : 영상통신, 영상정보처리

곽 내 정
1993년 충북대학교 정보통신공학과(학사)
1995년 충북대학교 정보통신공학과(석사)
1997~현재 : 충북대학교 정보통신공학과 박사 과정
관심분야 : 영상통신, 영상정보처리

권 혁 봉
1989년 호서대학교 정보통신과(학사)
1992년 호서대학교 정보통신과(석사)
1996~현재 충북대학교 정보통신공학과 박사 과정
1997~현재 김포대학 전자정보계열 정보통신전공 조교수
관심분야 : 영상 통신 및 영상 정보처리, 신호 및 시스템

안 재 형
1981년 충북대학교 전기공학과(학사)
1983년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(석사)
1992년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(박사)
1987~현재 : 충북대학교 전기 전자 및 컴퓨터 공학부 교수
관심분야 : 영상 통신 및 영상정보처리, 멀티미디어 제작 및 정보제공, 인터넷 통신 및 프로그래밍